

Pengaruh tekanan udara bola voli dan bola sepak terhadap pantulan

Edi Irwanto^{1*}, Galih Farhanto², Gatut Rubiono³

^{1,2} Prodi Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi, Universitas PGRI Banyuwangi, Banyuwangi, Indonesia

³ Prodi Teknik Mesin, Universitas PGRI Banyuwangi, Banyuwangi, Indonesia

Corresponding Author. Email: irwantoedi88@gmail.com, galihfarhanto19@gmail.com, g.rubionov@gmail.com

Abstrak

Bola voli dan bola sepak merupakan 2 cabang olahraga yang banyak diminati masyarakat. Penelitian dan pengembangan bola akan berpengaruh terhadap unjuk kerja bola dan dapat meningkatkan kualitas permainan serta mengurangi cedera atlet. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh tekanan udara bola voli dan bola sepak terhadap pantulan. Penelitian dilakukan dengan eksperimen. objek uji meliputi 2 merk bola voli dan 2 merk bola sepak. Tekanan udara divariasikan untuk bola voli sebesar 0,35; 0,40; 0,45 dan 0,50 atm, bola sepak 0,5; 0,75; 1,0 dan 1,25 atm. Bola dijatuhkan secara bebas dari ketinggian 100 cm pada jarak 30 cm dari dinding. Bola dijatuhkan ke lantai dengan permukaan rata yang relatif keras. Pengambilan data dilakukan untuk pengukuran tinggi pantulan dan waktu untuk 5 kali pantulan. Ketinggian diukur dengan mistar ukur yang diletakkan di dinding. Pengamatan gerak jatuh bola dilakukan dengan kamera. Hasil dari pengambilan gambar analisis dengan program Kinovea 0.8.15. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar tekanan udara, pantulan bola semakin tinggi. Hasil untuk waktu 5 kali pantulan, semakin besar tekanan udara, waktu pantulan semakin lama.

Kata kunci: tekanan udara, bola, pantulan

Effect of air pressure on volleyball and soccer balls on reflection

Abstract

Volleyball and soccer are popular sport in society. Ball research and development have effect due to ball performance. It's also can raise game quality and lower athlete's injury. This research is aimed to get the effect of volley and soccer balls air pressure due to the bounce. The research is done by experiment. Two different volley and soccer balls are tested. The air pressure is vary as 0,35; 0,40; 0,45; and 0,50 atm for volley ball and 0,5; 0,75; 1,00; and 1,25 atm for soccer ball. The ball is free fall from 100 cm height with 30 cm distance from near wall. Ball is drop to flat and solid floor. The data is taken for 5 times bounce height. The height is measure with measuring scale that placed at the wall. The ball motion is captured by a camera. The data is analyzed with Kinovea 0.8.15. The results showed that the greater the air pressure, the higher the ball reflection. Results for 5 times the reflection time, the greater the air pressure, the longer the reflection time.

Keywords: air pressure, ball, bounce

PENDAHULUAN

Olahraga di seluruh dunia memiliki pengaruh besar terhadap masyarakat. Masyarakat secara antusias memberikan semangat pada tim yang didukung dan menimbulkan pengeluaran dalam bentuk uang. Popularitas olahraga dan dampak ekonominya terhadap masyarakat menyebabkan olahraga menjadi bidang yang penting dalam penelitian ilmiah.

Satu tim yang memiliki keunggulan dibanding yang lain akan memiliki peluang lebih besar untuk memenangkan suatu pertandingan, menyenangkan masyarakat penggemarnya dan menghasilkan lebih banyak uang. Salah satu cara untuk mencapai keunggulan ini adalah melakukan analisis olahraga tim tersebut dan menentukan cara untuk menghasilkan dampak positif (Grider J dan Rosario M.A). Cabang olahraga yang menggunakan bola dalam permainannya merupakan cabang olahraga yang

banyak diminati. Setidaknya terdapat tiga cabang olahraga permainan yang lazim digunakan sebagai media belajar gerak di sekolah khususnya olahraga permainan bola besar, yaitu bola basket, bola voli, dan sepakbola (Hartono M, 2011). Permainan bola besar yang banyak dimainkan anak-anak usia 9-12 tahun, antara lain sepak bola, bola voli, bola basket, dan sepak takraw. Bola untuk sepak bola dan sepak takraw dimainkan menggunakan kaki dan anggota badan selain tangan (kecuali bagi kiper). Bola voli dimainkan menggunakan tangan dan anggota badan lainnya. Bola basket dimainkan menggunakan tangan (Asim, 2010).

Sesuai dengan anggota badan yang memainkan bola, spesifikasi masing-masing bola juga berbeda-beda. Ditinjau dari segi sentuhan terhadap anggota badan, bola sepak bola mudah ditendang dan *diheading*, tetapi tidak dapat divoli menggunakan lengan/tangan. Bola bola voli, mudah divoli menggunakan lengan, tetapi sulit divoli menggunakan kaki dan telapak tangan. Bola sepak takraw mudah dimainkan menggunakan kaki dan kepala, tetapi tidak dapat dimainkan menggunakan lengan dan tangan (Asim, 2010).

Menurut Asami T, *et al* (1998) dalam Sarah S (2013), bola sepak ditendang sebanyak 2000 kali di dalam sebuah pertandingan biasa. Kecepatan linier bola berkisar antara 25 hingga 30 m/dt dengan kecepatan putaran 5 hingga 600 rpm dan nilai percepatan sebesar 8 m/dt. Fenomena-fenomena seperti ini telah memicu perkembangan di dunia olahraga, salah satunya teknologi material bola (Sarah S, 2013).

Pengembangan perlengkapan olahraga tidak hanya dipicu oleh semangat persaingan diolahragakan tetapi juga dikarenakan pemahaman yang tumbuh pada perkembangan ilmu fisika yang dapat menjelaskan fenomena bagaimana olahraga tersebut dimainkan (Jalilian P, *et al*, 2014).

Ukuran bola sepak untuk dewasa (ukuran 5) menurut standar *Federation International Football Association* (FIFA) adalah lingkaran bola 68-70 cm, berat bola 410-450 gram, dan tekanan udara 0.6-1,1 atm, bahan kulit. Ukuran bola cabang bola voli untuk dewasa (nomor 5) menurut standar *International Volleyball Federation* (IVBF) adalah lingkaran bola 65-67 cm, berat bola 260-280 gram, dan tekanan udara 0.40-0,45 atm, bahan kulit (Asim 2010).

Sebuah bola yang jatuh dari ketinggian tertentu dan tidak gaya ke arah horisontal maka pada bola tersebut hanya bekerja gaya gravitasi bumi. Pada gerak jatuh bola mengalami hambatan karena gesekan dengan udara (Lithio D, 2006). Waktu rata-rata pantulan bola dapat dihitung menggunakan unsur geometri dan dengan asumsi bola berbentuk bulat sempurna (Grider J, Rosario MA). Energi dipindahkan selama proses perubahan saat pantulan. Pada arah translasi, terjadi kehilangan energi, tetapi energi rotasi dapat bertambah atau hilang tergantung pada kondisi pantulan. Hal ini disebabkan gesekan menimbulkan torsi terhadap bola dan tergantung pada putaran awalnya, torsi dapat menimbulkan putaran total (Cross R, 1999).

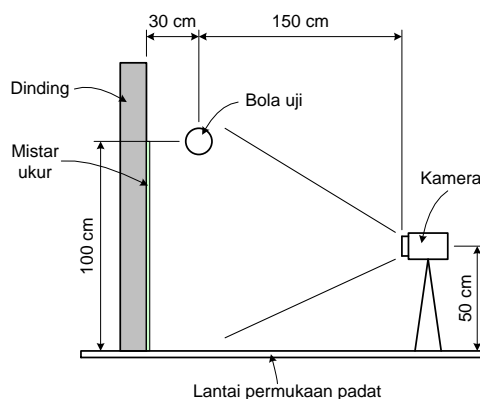
Pantulan bola merupakan peristiwa tumbukan dimana terjadi kehilangan energi. Sebuah bola yang dijatuhkan dari ketinggian h_1 ke permukaan lantai kemudian memantul sampai ketinggian h_2 . Besarnya kehilangan energi adalah sebesar $mg(h_1 - h_2)$. Kehilangan energi dapat dinyatakan sebagai koefisien tumbukan yang disimbolkan dengan e . Koefisien tumbukan (*coefficient of restitution-COR*) telah diukur pada banyak benda dan jenis permukaan tetapi informasi proses kehilangan energy pada tumbukan bola masih relatif minim.

Penelitian yang menganalisis bola telah banyak dilakukan. Penelitian dilakukan untuk pengembangan produk (Asim 2010; Hartono M, 2011), benturan bola (Sarah S, 2013), penggunaan media bola jenis lain (Sari VDM, 2010; Djuwaini A, Pardijono, 2014) dan komputasi aerodinamik (Jalilian P, *et al*, 2014). Desain, pengembangan dan inovasi bola sepak merupakan aktivitas penting untuk mendapatkan keunggulan kompetitif di masyarakat. Berkaitan dengan hal ini, para peneliti diarahkan pada peningkatan performansi olahraga dan upaya mengurangi cedera (Sarah S, 2013). Demikian halnya dengan bola voli dan tekanan udara pengisi bola yang merupakan salah satu standar yang harus diperhatikan. Tekanan udara ini akan berpengaruh terhadap unjuk kerja bola dan dapat meningkatkan kualitas permainan dan mengurangi cedera atlet.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tekanan udara pada bola voli dan bola sepak terhadap pantulan (waktu, dan koefisien tumbukan). Penelitian difokuskan pada obyek bola voli dan bola sepak karena 2 cabang olahraga ini banyak diminati masyarakat. Di Indonesia olahraga cabang bola voli termasuk cabang olah raga yang digemari oleh masyarakat (Antono D, 2015). Olahraga sepak bola menjadi salah satu cabang olahraga tren yang pembinaannya mendapat prioritas lebih di berbagai daerah (Yasriuddin, 2012).

METODE

Penelitian dilakukan di gedung serbaguna Universitas PGRI Banyuwangi, metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan pendekatan eksperimen. Variabel penelitian menggunakan 4 buah bola, yaitu bola voli dengan merk Mikasa, bola voli dengan merk Molten, bola sepak dengan merk Adidas dan Bola sepak dengan merk Specs. Pengambilan data dilakukan dengan bola dijatuhkan dari ketinggian 100 cm dan diambil sebanyak 5 kali pantulan. Tekanan udara divariasikan, untuk untuk bola voli sebesar 0,35; 0,40; 0,45; 0,50 atm, bola sepak sebesar 0,5; 0,75; 1,0; 1,25 atm dan Gerakan bola direkam dengan menggunakan kamera.



Gambar 1. Skema Eksperimen

Data kamera berupa rekaman akan diolah menjadi foto dan selanjutnya dianalisis menggunakan *image software* Kinovea 0.8.15 untuk menganalisis pantulan yang terjadi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

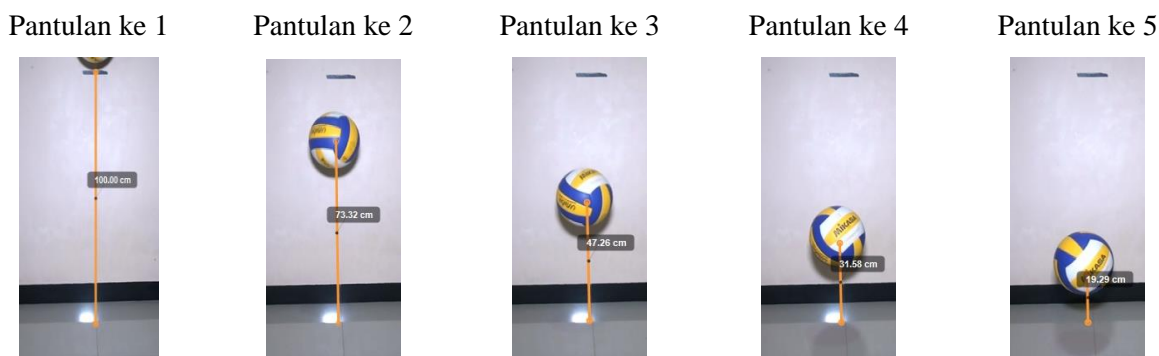
Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan terkait spesifikasi bola tersaji dalam tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Spesifikasi Bola

Merek	Massa (gram)	Keliling (cm)
Mikasa (bolavoli)	274	65
Molten (bolavoli)	268	63
Specs (bola sepak)	433	68
Adidas (bola sepak)	427	67

Dari tabel.1 diatas dapat diketahui bahwa massa untuk bolavoli merk Mikasa sebesar 274 gram dan merk molten sebesar 268 gram. Untuk bola sepak merk specs sebesar 433 gram dan merk Adidas sebesar 427 gram. Hal ini dikarenakan ada perbedaan pada spesifikasi material, model dan ukuran panel bola yang yang secara langsung mempengaruhi massa dan keliling bola.

Selanjutnya proses analisis menggunakan perangkat Kinovea 0.8.15 dilakukan sebagai berikut:



Gambar.2. Runtutan pantulan ke 1 sampai ke 5

Pada proses ini terjadi tumbukan antara bola dengan lantai yang dinamakan tumbukan lenting sebagian. Pada tumbukan lenting sebagian terdapat energi kinetik yang hilang sehingga energi kinetik awal tidak sama dengan energi kinetik akhir (Wijaya, *et all.* 2015). Sebuah bola elastis jatuh bebas dari ketinggian h_1 dari lantai, maka akan terjadi tumbukan antara bola dengan lantai sehingga bola memantul setinggi h_2 .

Hasil pengukuran masing-masing pantulan bola yang dilakukan diambil 5 kali pantulan. Didapatkan data ketinggian dan waktu dengan menggunakan 4 variasi tekanan udara. Didapatkan data secara spesifik pantulan ke 1 sampai pantulan ke 5 tersaji dalam tabel dibawah ini:

Tabel 2. Durasi pantulan bola

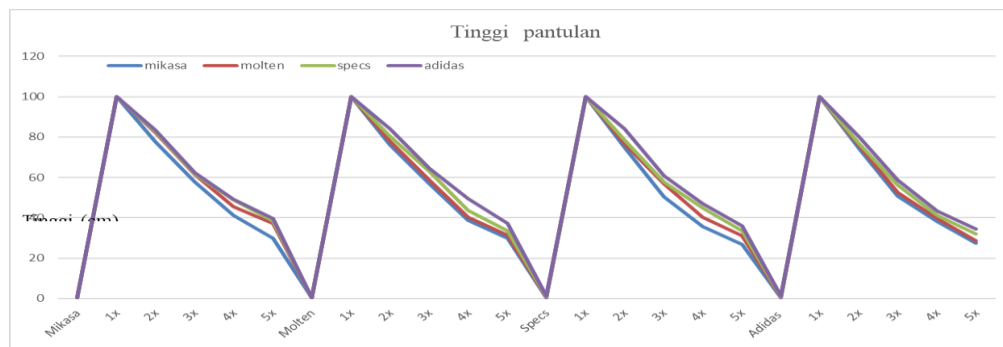
Merk/tekanan	Durasi Pantulan ke (detik)				
	hi	h2	h3	h4	h5
Mikasa					
0.35	0	0.55	1.31	1.88	2.37
0.4	0	0.59	1.34	1.92	2.43
0.45	0	0.57	1.31	1.9	2.47
0.5	0	0.51	1.35	1.99	2.5
Molten					
0.35	0	0.56	1.25	1.83	2.3
0.4	0	0.49	1.28	1.84	2.34
0.45	0	0.49	1.3	1.84	2.38
0.5	0	0.58	1.34	1.98	2.51
Specs					
0.5	0	0.61	1.3	1.85	2.34
0.75	0	0.59	1.35	2	2.47
1	0	0.63	1.36	1.93	2.57
1.25	0	0.58	1.37	1.99	2.62
Adidas					
0.5	0	0.55	1.24	1.84	2.3
0.75	0	0.55	1.27	1.82	2.33
1	0	0.52	1.33	1.87	2.43
1.25	0	0.56	1.28	1.94	2.48

Dari data tabel. 2, diatas dapat diketahui bola specs degan tekanan udara 1,25 atm memiliki durasi waktu paling lama sebesar 2,62 detik, bola merek molten dan adidas memilki durasi paling cepat masing-masing 2,3 detik.

Tabel 3. Tinggi pantulan

Merk/tekanan	Pantulan ke (cm)				
	hi	h2	h3	h4	h5
Mikasa					
0.35	100	77.67	57.67	41.28	29.79
0.4	100	82.23	61.51	45.41	37.24
0.45	100	82.85	61.87	48.74	38.56
0.5	100	83.37	62.27	49.03	39.54
Molten					
0.35	100	76.02	56.71	38.86	29.82
0.4	100	77.82	58.77	40.17	31.3
0.45	100	80.52	62.92	43.65	33.47
0.5	100	84.02	64.39	49.48	37.32
Specs					
0.5	100	75.04	50.53	35.7	26.89
0.75	100	76.79	56.75	40.3	31.22
1	100	78.62	57.71	44.94	33.48
1.25	100	84.09	60.86	47.09	36.12
Adidas					
0.5	100	74.38	50.84	38.23	27.27
0.75	100	75.9	52.64	39.62	28.72
1	100	76.64	56.21	41.05	32.12
1.25	100	79.99	58.71	43.4	34.46

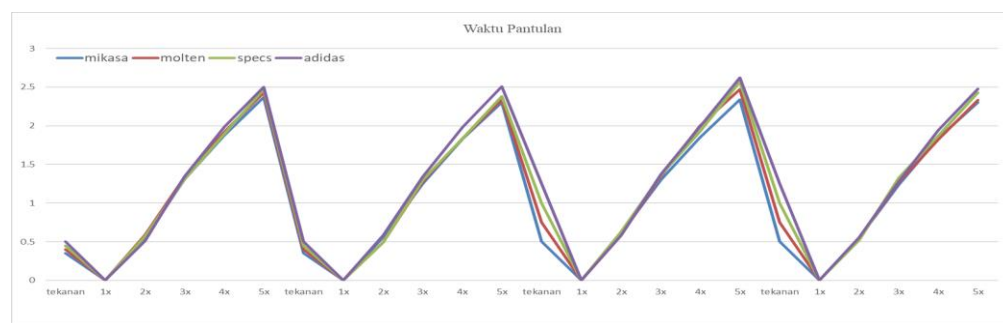
Tinggi pada pantulan h2, merek bola specs dengan tekanan udara 1,25 memiliki nilai paling tinggi sebesar 84,09 cm, bola merek specs pada tekanan udara 0,5 memiliki nilai paling rendah sebesar 74,02 cm. Variasi tekanan udara pada bola mempengaruhi tinggi dan waktu pantulan. Secara runtut semakin kuat tekanan udara menghasilkan pantulan bola semakin tinggi dan diikuti dengan waktu pantulan semakin lama. Hal ini terjadi karena Tekanan udara rendah memiliki tingkat kelentingan rendah karena material bola belum mendapatkan kekuatan tekanan yang sesuai. Sebaliknya apabila tekanan udara semakin besar dapat menyebabkan material bola mengalami sifat elastis yang dapat membuat pantulan bola lebih tinggi. Berikut data ditampilkan dalam bentuk grafik:



Gambar 3. Tinggi pantulan bola

Pada proses tersebut terjadi fenomena bahwa sifat elastis tidak hanya dimiliki oleh pegas, tetapi juga oleh bahan lainnya. Hampir semua bahan memperlihatkan sifat elastisitas. Ada bahan yang sangat elastis seperti karet dan ada yang kurang elastis seperti keramik. Sifat elastis adalah sifat bahan yang cenderung kembali ke bentuk semula ketika gaya yang bekerja pada benda dihilangkan (Abdullah, M. 2016).

Bola yang berisi udara dengan tekanan yang relatif besar akan menghasilkan nilai kekakuan yang relatif besar pula. Hal ini karena perubahan ukuran yang lebih kecil akan menghasilkan nilai tersebut sesuai dengan hubungan yang terbalik antara kekakuan dan perpindahan. Besarnya nilai kekakuan ini cenderung akan menghasilkan pantulan yang lebih besar atau lebih tinggi. Hal ini dapat dipahami sesuai dengan kenyataan bahwa bola yang dengan tekanan udara lebih kecil (atau dapat disebut kempis) akan memiliki pantulan yang lebih kecil (Mukhtar, Rubiono, 2019)



Grafik 4. Waktu pantulan bola

Artinya jika benda dijatuhkan dari ketinggian tertentu, maka koefisien elastisitas dihitung dari kecepatan benda saat akan menumbuk lantai dan saat meninggalkan lantai. Kedua kecepatan tersebut dapat dihitung dari ketinggian benda saat dilepaskan dan ketinggian maksimum benda setelah dipantulkan lantai. Maka semakin tinggi pantulan bola maka akan semakin bertambah pula waktu yang diperlukan bola tersebut kembali menumbuk lantai. Seberapa besar energi kinetik yang dipertahankan oleh objek untuk memantulkan tumbukan satu sama lain dapat dilihat dengan mengetahui nilai koefisien tumbukan.

Koefisien tumbukan atau koefisien restitusi merupakan perbandingan antara rasio kecepatan benda sesudah tumbukan terhadap kecepatan sebelum tumbukan. Nilai koefisien restitusi (COR =

coefficient of restitution) berkisar antara 0 dan 1. COR sebesar 0 disebut sebagai tumbukan tidak elastis sementara COR sebesar 1 disebut tumbukan elastis sempurna (Nasruddin, et. al, 2012). Koefisien tumbukan juga merupakan perbandingan antar dua beda tinggi yaitu h_r sebagai tinggi pantulan dan h_d sebagai tinggi awal atau tinggi jatuh (Nasruddin, et. al, 2012; Nasruddin, 2016) yang dirumuskan sebagai berikut:

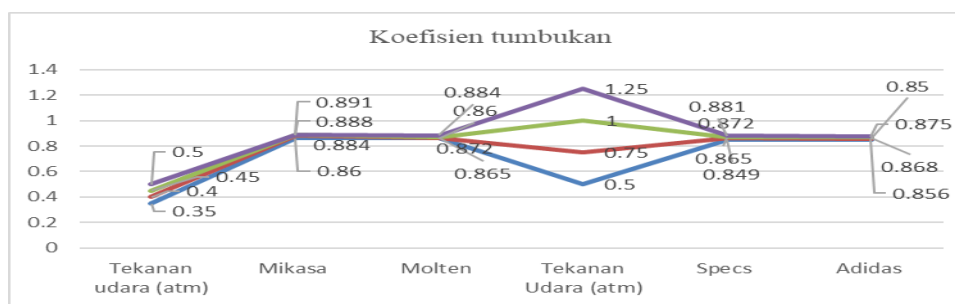
$$COR = \sqrt{\frac{h_r}{h_d}} \tag{1}$$

Hasil dari perhitungan dapat dilihat pada tabel 4. Berikut:

Tabel 4. Data koefisien tumbukan bola voli dan bola sepak

Tekanan udara (atm)	Mikasa	Molten	Tekanan Udara (atm)	Specs	Adidas
0.35	0.860	0.860	0.5	0.849	0.850
0.4	0.884	0.865	0.75	0.865	0.856
0.45	0.888	0.872	1.00	0.872	0.868
0.5	0.891	0.884	1.25	0.881	0.875

Dari tabel. 4 diatas dapat diketahui bahwa bola merek mikasa memiliki koefisien tumbukan paling besar dengan nilai 0.891 pada tekanan udara 0,5 atm dan bola merek specs memiliki nilai paling kecil dengan nilai 0.849 pada tekanan 0,5 atm. Ini dikarenakan ada perbedaan spesifikasi meliputi perbedaan keliling, material dan massa bola. Berikut tabel 4 disajikan dalam bentuk grafik:



Grafik 5. Koefisien tumbukan bolavoli dan bola sepak

Pada fenomena ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar massa bola maka kecepatan bola saat jatuh juga semakin besar. Syuhendri (2014) menyatakan bahwa untuk konsep kecepatan benda jatuh, benda berat jatuh lebih cepat dibandingkan benda ringan atau dengan kata lain massa dan berat benda mempengaruhi kecepatan jatuhnya. Apabila massa bola lebih besar maka koefisien tumbukan juga lebih besar. Yang mana hal tersebut mengakibatkan semakin tinggi tekanan udara menghasilkan koefisien tumbukan (COR) lebih tinggi. Hal ini dikarenakan spesifikasi material setiap merek bola tidak sama. Artinya besarnya koefisien bergantung pada material penyusun benda. Jika material penyusun bola lebih lunak, maka kelastisannya lebih besar sehingga koefisien resistusinya lebih besar pula (Anjani, L. et all. 2018).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Bedasarkan hasil dan pembahasan, maka disimpulkan tekanan udara pada bola voli dan bola sepak berpengaruh terhadap pantulan. Semakin besar tekanan udara maka durasi waktu pantulan semakin lama/besar. Semakin besar tekanan udara maka koefisien tumbukan semakin besar.

Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas disarankan untuk diadakan penelitian lanjutan tentang tekanan udara menggunakan merk dan type bola yang berbeda. Diadakan penelitian lanjutan dengan menggunakan metode yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah M. 2016. Fisika dasar 1. Institut Teknologi Bandung.
- Anjani L, *et all.* 2018. Menentukan momentum dan koefisien restitusi benda tumbukan menggunakan *tracker video analyse*. *JoTaLP: Journal of Teaching and Learning Physics*. Vol 3 No 2: 21-25
- Antonio D. 2015. Pengaruh latihan kekuatan otot lengan bawah (ekstensor) dan latihan otot lengan atas (*flexor*) terhadap kemampuan smash dalam permainan bola voli pada siswa kelas viii laki-laki mts negeri pare tahun pelajaran 2014/2015, Jurnal Skripsi, Jurusan Pendidikan Jasmani, Kesehatan dan Rekreasi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Nusantara PGRI Kediri
- Asim. 2010. Pengembangan bola untuk gerak multilateral siswa sekolah sepak bola di Kepanjen Malang. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran* 17(2): 166-169
- Cross R. 1999. *The Bounce of a Ball*, *Am. J. Phys.* 67 (3): 222-227
- Djuwaini A, Pardijono. 2014. Penerapan penggunaan media belajar bola plastik untuk meningkatkan hasil belajar *passing* bawah bolavoli (studi pada siswa kelas V SD Negeri Pakal II Surabaya), *Jurnal Pendidikan Olahraga dan Kesehatan* 02(02): p. 319 - 326
- Grider J dan Rosario MA, *The physics of soccer: Bounce and ball trajectory*, *Department of physics*, Saint Marys College of CA
- Hartono M. 2011. Bola multifungsi untuk pembelajaran pendidikan jasmani olahraga dan kesehatan, *Jurnal media ilmu keolahraagaan Indonesia* 1(2): 147-154
- Jalilian P, Kreun PK, Makhmalbaf MHM, Liou WW. 2014. *Computational aerodynamics of baseball, Soccer ball and volleyball*, *American Journal of Sports Science* 2(5): 115-121
- Lithio D. 2006. *Optimizing a volleyball serve*, *Hope college mathematics REU summer '06*, Case Western Reserve University
- Mukhtar, A., Rubiono, G, 2019, Analisis pantulan bola dengan pemodelan massa benda - kekakuan pegas, *Prosiding Seminar Nasional IPTEK Olahraga, 2019*, ISSN 2622 – 0156: Mekanika-OR 5-7
- Nasruddin, F. A., 2016. *Chapter 2 Coefficient of restitution in badminton racket*. *SpringerBriefs in Computational Mechanics*. DOI 10.1007/978-3-319-21735-2_2
- Nasruddin, F. A., Harun, M. N., Syahrom, A., Kadir, M. R. A., Omar, A. H. 2012. *Coefficient of restitution in badminton racket*. *Proceeding iDECEN 2012-International Conference on Design and Concurrent Engineering*, *Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM)*, 15-16 October 2012
- Sarah S. 2013. *Finite element analysis (fea) for soccer ball impact*, *Thesis, Faculty of Mechanical Engineering*, University Malaysia Pahang
- Sari VDM. 2010. Perbedaan pengaruh pembelajaran inovatif dengan bola mini dan bola lunak terhadap hasil belajar *passing* bawah bolavoli pada siswa kelas XI SMK Kristen Surakarta Tahun Pelajaran 2010/2011, Skripsi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Syuhendri. 2014. Konsepsi alternatif mahasiswa pada ranah mekanika: analisis untuk konsep impetus dan kecepatan benda jatuh. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika* Vol.1 No.1 hal 56-67
- Yasriudin. 2012. Survey keterampilan bermain sepakbola siswa SMA negeri 3 Sungguminasa Kabupaten Gowa, *Jurnal ILARA III* (2): 63-71
- Wijaya. 2015. Rancang bangun alat eksperimen momentum dan tumbukan. *Prosiding SKF*, (pp. 588-593).